



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 101 15 253 A 1**

⑤1 Int. Cl.7:  
**H 02 P 19/00**  
B 29 C 45/76  
B 29 C 45/40

⑳ Aktenzeichen: 101 15 253.1  
㉔ Anmeldetag: 28. 3. 2001  
㉕ Offenlegungstag: 31. 10. 2002

㉑ Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

㉒ Erfinder:  
Hofmann, Werner, 91220 Schnaittach, DE

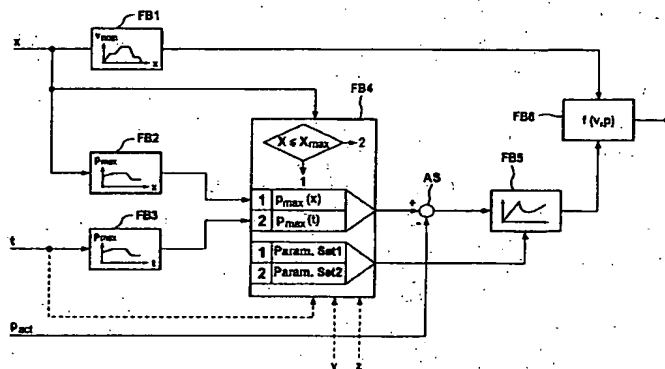
⑤⑤ Entgegenhaltungen:  
DE 44 46 857 A1  
US 58 17 258  
US 55 14 311  
EP 07 44 267 A2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Produktionsmaschine

⑤7 Die Erfindung betrifft eine Produktionsmaschine mit hydraulischem und/oder elektrischem Antrieb (A), sowie einer Messdatenerfassung für mindestens eine Positionsbestimmung (P1, P2) und mindestens zwei hiervon in der Produktionsmaschine abhängigen Messgrößen. Eine Sollwertvorgabe wird bei Überschreitung eines weiteren Sollwertprofils direkt in Form einer ablösenden Steuerung oder Regelung korrigiert.



DE 101 15 253 A 1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Produktionsmaschine mit hydraulischem und/oder elektrischem Antrieb, sowie einer Messdatenerfassung für mindestens eine Positionsbestimmung und mindestens zwei hiervon in der Produktionsmaschine abhängigen Messgrößen.

[0002] Die Entwicklung und Anwendung einfacher, effektiver und zuverlässiger Produktionsmaschinen und deren Steuerungs- und Regelungsverfahren ist stets Antriebsfeder – so auch dieser Erfindung – zur Verbesserung von technischen Prozessen.

[0003] Aus EP 0 246 326 B1 ist ein Verfahren zur Steuerung eines Einspritzmechanismus einer Spritzgießmaschine bekannt. Über eine Kraftmessung an der Last oder über eine Einspritzdruckmessung wird einzig und allein eine Stromregelung einer Antriebsquelle vorgenommen.

[0004] Aufgabe der Erfindung ist es, eine Produktionsmaschine der eingangs genannten Art so auszubilden, dass eine positionsabhängige Sollwertvorgabe bei Überschreitung von weiteren positionsabhängigen Prozessgrößen um einen von der Überschreitung abhängigen Betrag gegensinnig mit einfachem und effektivem Durchgriff beeinflussbar ist.

[0005] Gemäß der Erfindung wird diese Aufgabe dadurch gelöst, dass eine erste positionsabhängige Sollwertermittlung vorgesehen ist, die in mindestens einem parallelen Steuerungs- oder Regelungsweig gegensinnig beeinflussbar ist, wobei eine Sollwertkorrektur aufgrund einer Überschreitung eines weiteren positionsabhängigen Sollwertprofils mindestens einer weiteren positionsabhängigen Messgröße vorgesehen ist. Somit wird ein weiterer Steuerungs- oder Regelungspfad in Form einer ablösenden Steuerung oder Regelung nur in Anspruch genommen, wenn das dort überwachte Prozessprofil überschritten wird.

[0006] Eine erste vorteilhafte Ausbildung der Erfindung, wobei die Produktionsmaschine als Kunststoffspritzgießmaschine ausgeführt ist, ist dadurch gekennzeichnet, dass der Einspritzdruck und die Position einer den Spritzgang treibenden Vortriebsschnecke als Messgrößen erfassbar sind und wobei als positionsabhängiger Sollwert mindestens ein Geschwindigkeits-Weg-Profil der Vortriebsschnecke vorgebar ist, der bei Überschreitung eines Druck-Weg-Profils des Einspritzdrucks gegensinnig beeinflussbar ist. Durch diese Konstellation sind wesentliche Prozessparameter einer Kunststoffspritzgießmaschine zur Erzielung von qualitativ hochwertigen Kunststoffspritzgießprodukten in einfacher und effektiver Weise erfassbar und im Sinne einer optimalen Prozessführung beeinflussbar.

[0007] Eine weitere vorteilhafte Ausbildung der Erfindung, wobei mindestens zwei positionsabhängige Messgrößen eines Formwerkzeugs einer Kunststoffspritzgießform erfassbar sind, ist dadurch gekennzeichnet, dass als positionsabhängiger Sollwert mindestens ein Geschwindigkeits-Weg-Profil des Formwerkzeugs vorgebar ist, der bei Überschreitung eines Schließdruck-Weg-Profils des Formwerkzeugs gegensinnig beeinflussbar ist. Durch eine Prozesssteuerung und -überwachung des Formwerkzeugs im Spritzgießzyklus wird eine Beschädigung oder gar Zerstörung im Betrieb als auch im Fehlerfall frühzeitig erkannt und vermieden.

[0008] Eine weitere vorteilhafte Ausbildung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei positionsabhängige Messgrößen eines Auswurfmechanismus von einem Formwerkzeug einer Kunststoffspritzgießform erfassbar sind und dass als positionsabhängiger Sollwert mindestens ein Geschwindigkeits-Weg-Profil des Auswurfmechanismus vorgebar ist, der bei Überschreitung eines Auswurfkraft-Weg-Profils des Auswurfmechanismus ge-

gensinnig beeinflussbar ist. Durch eine Prozess-Steuerung und -überwachung des Auswurfmechanismus wird eine Beschädigung oder gar Zerstörung des Auswurfmechanismus oder des Kunststoffspritzgießteils frühzeitig erkannt und vermieden.

[0009] Eine weitere vorteilhafte Ausbildung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass alternativ oder additiv zu einem Geschwindigkeits- oder Messgrößen-Weg-Profil ein Geschwindigkeits- oder Messgrößen-Zeit-Profil vorgebar ist. Je nach Eignung kann somit ein Weg- oder Zeit-Profil zur optimalen Prozessüberwachung oder -steuerung eingesetzt werden.

[0010] Eine weitere vorteilhafte Ausbildung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass alternativ oder additiv zu einem Geschwindigkeits- oder Messgrößen-Weg- oder Zeit-Profil ein physikalisch oder technologisch verknüpftes Weg- oder Zeit-Profil vorgebar ist. Somit sind je nach Eignung physikalisch oder technologisch verknüpfte Prozessgrößen zur Programmierung oder Visualisierung verwendbar.

[0011] Eine weitere vorteilhafte Ausbildung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Merkmale nach einem der Ansprüche 2 bis 6 von einer Kunststoffspritzgießmaschine auf eine industrielle Presseneinrichtung übertragen sind. Bei einer industriellen Presseneinrichtung gibt es technologisch ähnliche Prozessparameter, wie sie auch bei einer Kunststoffspritzgießmaschine auftreten. Diese sind gemäß der Erfindung vorteilhaft überwacht und steuerbar.

[0012] Ein vorteilhaftes Verfahren zur Steuerung einer Produktionsmaschine mit hydraulischem oder elektrischem Antrieb, sowie mit jeweils einer Messdatenerfassung für mindestens eine Positionsbestimmung und mindestens zwei hiervon in der Produktionsmaschine abhängigen Messgrößen ist dadurch gekennzeichnet, dass

- mindestens eine Istposition eines Bewegungssystem erfasst wird,
- über mindestens ein Geschwindigkeits-Weg-Profil oder ein von der Geschwindigkeit abgeleitetes Weg-Profil eine Sollwertvorgabe erfolgt und
- in einem weiteren Steuerungsweig mit mindestens einem weiteren positionsabhängigen Messgrößen-Weg-Profil die Sollwertvorgabe bei Überschreiten dieses zweiten Profils gegensinnig beeinflusst wird.

[0013] Mit diesem Verfahren werden Messgrößen und Sollwertvorgaben einer Produktionsmaschine mit einfachem und effektivem Durchgriff überwacht.

[0014] Ein vorteilhaftes Verfahren zur Steuerung einer Kunststoffspritzgießmaschine mit hydraulischem oder elektrischem Antrieb, sowie mit jeweils einer Messdatenerfassung für eine Positionsbestimmung einer Vortriebsschnecke und für eine Vortriebsschneckengeschwindigkeit oder für eine Einspritzgeschwindigkeit und für einen Einspritzdruck ist dadurch gekennzeichnet, dass

- mindestens eine Istposition eines Bewegungssystem erfasst wird,
- über mindestens ein Geschwindigkeits-Weg-Profil oder ein von der Geschwindigkeit abgeleitetes Weg-Profil eine Sollwertvorgabe erfolgt und
- in einem weiteren Steuerungsweig mit einem weiteren positionsabhängigen Messgrößen-Weg-Profil die Sollwertvorgabe bei Überschreiten dieses zweiten Profils gegensinnig beeinflusst wird.

[0015] Mit diesem Verfahren können unterschiedlichste Parameter und Sollwertvorgaben einer Kunststoffspritz-

gießmaschine einfach und effektiv überwacht und vorgegeben werden.

[0016] Ein vorteilhaftes Verfahren zur Steuerung eines Formwerkzeugs einer Kunststoffspritzgießmaschine mit hydraulischem oder elektrischem Antrieb, sowie mit jeweils einer Messdatenerfassung für eine Positionsbestimmung des Formwerkzeugs und für eine Schließ- und/oder Öffnungsgeschwindigkeit und für einen Öffnungs- und/oder Schließdruck ist dadurch gekennzeichnet, dass

- mindestens eine Istposition eines Bewegungssystems erfasst wird,
- über mindestens ein Geschwindigkeits-Weg-Profil oder ein von der Geschwindigkeit abgeleitetes Weg-Profil eine Sollwertvorgabe erfolgt und
- in einem weiteren Regelungszweig mit mindestens einem weiteren positionsabhängigen Messgrößen-Weg-Profil die Sollwertvorgabe bei Überschreiten dieses zweiten Profils gegenseitig beeinflusst wird.

[0017] Mit diesem Verfahren kann die optimale Funktionsfähigkeit eines Formwerkzeugs einer Kunststoffspritzgießmaschine gesteuert und überwacht werden.

[0018] Ein vorteilhaftes Verfahren zur Steuerung eines Auswurfmechanismus von einem Formwerkzeug einer Kunststoffspritzgießmaschine mit hydraulischem oder elektrischem Antrieb, sowie mit jeweils einer Messdatenerfassung für eine Positionsbestimmung und für eine Geschwindigkeit und für eine Auswurfkraft des Auswurfmechanismus ist dadurch gekennzeichnet, dass

- mindestens eine Istposition eines Bewegungssystems erfasst wird,
- über mindestens ein Geschwindigkeits-Weg-Profil oder ein von der Geschwindigkeit abgeleitetes Weg-Profil eine Sollwertvorgabe erfolgt und
- in einem weiteren Steuerungszweig mit mindestens einem weiteren positionsabhängigen Messgrößen-Weg-Profil die Sollwertvorgabe bei Überschreiten dieses zweiten Profils gegenseitig beeinflusst wird.

[0019] Mit diesem Verfahren kann in besonderer Weise ein Auswurfmechanismus in Bezug auf dessen optimalen Betrieb und ein Kunststoffspritzgießteil auf dessen unbeschädigten Formauswurf gesteuert und überwacht werden.

[0020] Ein weiteres vorteilhaftes Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass alternativ oder additiv zu einem Geschwindigkeits- oder Messgrößen-Weg-Profil ein Geschwindigkeits- oder Messgrößen-Zeit-Profil verwendet wird. Somit kann zur einfachen und übersichtlichen Programmierung oder Visualisierung ein günstiges Profil ausgewählt werden.

[0021] Ein weiteres vorteilhaftes Verfahren der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass alternativ oder additiv zu einem Geschwindigkeits- oder Messgrößen-Weg- oder Zeit-Profil ein physikalisch oder technologisch verknüpftes Weg- oder Zeit-Profil vorgegeben wird. Zur Sollwertvorgabe, Überwachung oder auch Visualisierung von Messgrößen können somit optimal physikalisch oder technologisch beschreibende Prozessgrößen eingesetzt werden.

[0022] Ein weiteres vorteilhaftes Verfahren zur Steuerung einer Produktionsmaschine ist dadurch gekennzeichnet, dass die Merkmale nach einem der Ansprüche 9 bis 13 nicht in einer Kunststoffspritzgießmaschine, sondern in einer industriellen Presseneinrichtung angewendet werden. Aufgrund einer technologischen Verwandtschaft kann das bei einer Kunststoffspritzgießmaschine eingesetzte Verfahren vorteilhaft auch auf eine industrielle Presseneinrichtung

übertragen werden.

[0023] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird im folgenden näher erläutert. Dabei zeigen:

5 [0024] Fig. 1 eine symbolische Seitenansicht einer Kunststoffspritzgießmaschine, bei der das Schneckengehäuse, sowie das Formwerkzeug geschnitten dargestellt sind,

10 [0025] Fig. 2 ein prinzipielles Funktionsblockdiagramm zur Produktionsmaschinensteuerung mit mindestens zwei voneinander abhängigen Messgrößen und

[0026] Fig. 3 beispielhafte Ist- und Sollwertgraphen einer Kunststoffspritzgießmaschine.

[0027] In der Darstellung gemäß Fig. 1 ist in Form einer Seitenansicht eine Kunststoffspritzgießmaschine dargestellt.

15 Ein der Übersichtlichkeit halber nicht dargestelltes Kunststoffgranulat gelangt über einen Trichter T in ein Schneckengehäuse SG und wird von einer Vortriebsschnecke VS, die von einem Antrieb A bewegt wird, in das Formwerkzeug FW befördert. Entlang des Schneckengehäuses SG befinden sich Heizwendeln H, die das Kunststoffgranulat auf ihrem Beförderungsweg erwärmen und im Schneckenraum SV als plastifiziertes Kunststoffmaterial vorliegen lassen.

20 [0028] Um eine hohe Produktionsgeschwindigkeit von Kunststoffspritzgießteilen zu erreichen, ist anzustreben, mit einer hohen Einspritzgeschwindigkeit in das Formwerkzeug FW zu arbeiten. Mit Hilfe eines Druckaufnehmers D wird der auf das plastifizierte Material ausgeübte Einspritzdruck im Schneckenraum SV von einer Steuerung ST oder auch einer Regelung überwacht.

30 [0029] Die Drucküberwachung mit einem Druckaufnehmer D kann an weiteren geeigneten Maschinenpositionen, wie beispielsweise im Maschinenachslager, erfolgen.

35 [0030] Die Überschreitung eines bestimmten Druckwertes führt zu einer irreversiblen und nicht gewünschten Materialeigenschaftsänderung des plastifizierten Materials. Der im Schneckenraum SV aufgebaute Einspritzdruck wird maßgeblich durch die vom Antrieb A hervorgerufene Vorwärtsbewegung der Vortriebsschnecke VS weitergegebene Drehmoment bestimmt. Der Antrieb A kann aus mehreren

40 Motoren bestehen, die mit Hilfe eines Übertragungsmechanismus getrennt eine Dreh- und/oder Vorwärtsbewegung der Vortriebsschnecke VS hervorrufen.

[0031] Eine Positionsbestimmung P1 übermittelt an eine Steuerung ST, in Fig. 1 mit "Control" bezeichnet, Information über die Istposition der Vortriebsschnecke VS. Sämtliche von der Steuerung ST erfasste Messgrößen sind durch gestrichelte Verbindungslinien angedeutet. Die Positionsbestimmung P1 kann beispielsweise durch einen Drehgeber oder auch durch einen Linearwegaufnehmer realisiert werden.

50 [0032] In einer Kunststoffspritzgießmaschine ist auch eine Heiztemperaturüberwachung und -regelung von Interesse, da auch eine Überhitzung des plastifizierten Materials zu unerwünschten Materialeigenschaftsänderungen führt. Auch die Heiztemperaturüberwachung kann Teil einer Prozessüberwachung der Erfindung sein, indem beispielsweise ein vom Produktionszyklus abhängiges Temperatur-Zeit-Profil als Sollwertvorgabe der Heizung eingespeist wird. In Fig. 1 ist deshalb eine gestrichelte Verbindungslinie zwischen den Heizwendeln H und der Steuerung ST dargestellt.

60 [0033] Während des Einspritzvorgangs wird das plastifizierte Material üblicherweise mit einer bestimmten Geschwindigkeit in das Formwerkzeug SW eingespritzt. Eine unvermindert anhaltende Einspritzgeschwindigkeit führt zu einem sehr steil verlaufenden Druckanstieg im Schneckenraum SV. Durch die Erfindung kann eine schnelle Reaktion auf diesen Druckanstieg erfolgen, in dem in Form einer ablösenden Regelung oder Steuerung auf die Stellgröße di-

rekt eingewirkt wird.

[0034] Nachdem das Formwerkzeug FW mit plastifiziertem Material gefüllt ist, beginnt der Erstarrungsvorgang. Der hierbei einsetzende Schrumpfungsvorgang ist durch Nachdrücken von weiterem Kunststoffmaterial auszugleichen.

[0035] Sind der Einspritz- und Erstarrungsvorgang komplett abgeschlossen, wird das Formwerkzeug FW auseinanderbewegt, das aus den Formteilen FT1 und FT2 steht. Das Formteil FT1 ist an der Formwerkzeughalterung FH1 befestigt und wird nicht bewegt. Das Formteil FT2 ist an der Formwerkzeughalterung FH2 befestigt und kann horizontal von dem Formteil FT1 entfernt werden. Mit Hilfe eines Kniehebelmechanismus gleitet die Formwerkzeughalterung FH2 auf den Gleitschienen GS1 und GS2 horizontal von dem Formteil FT1 weg. Der Kniehebelmechanismus besteht in Fig. 1 aus einer Kniehebelmutter KH und jeweils drei hierzu symmetrisch angeordneten Hebelstücken H11 bis H13, sowie H21 bis H23. In weiteren Ausführungen kann der Kniehebelmechanismus aus einer Vielzahl von Hebelstücken bestehen, sowie alternativ hydraulisch und/oder hydromechanisch angetrieben sein.

[0036] Mit Hilfe eines Kniehebelmotors KM wird eine Spindelschraube SS angetrieben, die die Kniehebelmutter KH horizontal bewegt und dabei die Hebelstücke H11 bis H23 derart mitnimmt, dass die Formwerkzeughalterung FH2 horizontal bewegt wird.

[0037] Eine Positionsbestimmung P2, die beispielsweise als linearer Wegaufnehmer ausgebildet sein kann, übermittelt die Istposition der Formwerkzeughalterung FH2 an die Steuerung ST.

[0038] Um die Position der Kniehebelmutter KH zu bestimmen, ist ein Drehgeber DG2 am Kniehebelmotor KM befestigt, der seine Information an die Steuerung ST weitergibt.

[0039] Um die Kunststoffspritzgießteile nach dem Erstarren aus dem Formwerkzeug FW entfernen zu können, befindet sich im Formteil FT2 ein Formteilauswurf FA. Dieser wird durch einen Auswurfmechanismusmotor AM angetrieben und drückt das auszuwerfende Kunststoffprodukt aus dem Formteil FT2. An dem Auswurfmechanismusmotor AM ist ebenso ein Drehgeber DG1 befestigt, der die Position des Formteilauswurfs FA bestimmt. Ein weiterer Auswurfmechanismus kann sich am Formteil FT1 befinden.

[0040] Durch eine Kombination eines Motors KM, AM, A mit einem Drehgeber DG1, DG2 bzw. mit einer Positionsbestimmung P1, P2, können verschiedene Messgrößen erfasst werden. Es ist möglich, die Position selber, die während einer Zeit zurückgelegten Strecke, als auch das Drehmoment des jeweiligen Motors KM, AM, A zu erfassen. Damit ist es beispielsweise möglich, die Position des Formteilauswurfs FA zu bestimmen, als auch die auf das Kunststoffprodukt ausgeübte Kraft, die sich durch eine Umrechnung des gemessenen Drehmoments ergibt.

[0041] In der Darstellung gemäß Fig. 2 ist ein Funktionsblockdiagramm zur Produktionsmaschinensteuerung dargestellt. Eine Maschinenkoordinate in Fig. 2 mit "x" bezeichnet wird einem Funktionsblock FB1 zugeführt, der einen positionsabhängigen Sollwert ermittelt. Dieser Sollwert wird in einem Funktionsblock FB6 in einen Maschinensteuerungsparameter umgesetzt (" $n_{nom}$ ").

[0042] In einem weiteren Funktionsblock FB2 wird ein ebenfalls positionsabhängiges Sollwertprofil ausgegeben. Dieses Sollwertprofil wird durch einen Funktionsblock FB4 geleitet, wenn im Fall eines wegababhängigen Profils eine bestimmte Wegmarke " $x_{max}$ " nicht überschritten wurde. Im Funktionsblock FB4, dem auch die Maschinenkoordinaten "x" zugeführt werden, ist dies durch einen rautenförmigen

Entscheidungsblock gekennzeichnet. Ist eine definierte Maschinenposition " $x_{max}$ " überschritten, werden die mit "2" bezeichneten Variablen bzw. Parameter an die Additionsstelle AS weitergeleitet. An dieser wird von einem Funktionswert des Funktionsblocks FB4 ein Messparameter abgezogen. Die Subtraktion an der Additionsstelle AS ist durch ein Minuszeichen "-" gekennzeichnet.

[0043] Der mit dem Funktionsblock FB3 zusammenhängende Prozesspfad steht in Zusammenhang mit einer Kunststoffspritzgießmaschine und muss nicht in dieser Form für andere Produktionsmaschinen gelten. In ihm ist ein zeitabhängiges Sollwertprofil hinterlegt.

[0044] An der Additionsstelle AS werden Differenzsignale, die durch ein Sollwertprofil und aktuelle Messwerte " $p_{act}$ " gebildet werden, an den Funktionsblock FB5 weitergeleitet. Dieser modelliert mit seinen programmierten Eigenschaften die Regelungs- oder Steuerungsstrecke. Er erhält seine Regelungs- oder Steuerungsparameter für die Strecke als Parametersatz von dem Funktionsblock FB4. Der Funktionsblock FB5 gibt ein Sollwertkorrektursignal an den Funktionsblock FB6 aus.

[0045] Sämtliche Datenverbindungen in der Darstellung gemäß Fig. 2 sind als Pfeilverbindungen ausgebildet und symbolisieren einen gerichteten Datenfluss. Ein Zeiteinheitssignal "t" steht in dem dargestellten Funktionsblockdiagramm zur Verfügung und wird dem Funktionsblock FB3 zugeleitet. Eine gestrichelte Verbindung zwischen dem Zeiteinheitssignal "t" und dem Funktionsblock FB4 soll andeuten, dass die maschinenpositionsabhängige Entscheidung im Funktionsblock FB4 auch durch eine zeitabhängige Entscheidung ersetzt werden kann. Dies bedeutet, dass nach Ablauf einer bestimmten Zeit "t" anstelle der mit "1" bezeichneten Daten die mit "2" bezeichneten Daten verarbeitet werden. Ebenso können weitere Variablen oder Prozessparameter zu einer ein- oder mehrstufigen Umschaltung von Eingangs- und/oder Ausgangsdaten führen. Diese können mit einer bestimmten Wichtung oder Funktion den Umschaltzeitpunkt herbeiführen. Dies ist in Fig. 2 durch gestrichelte Pfeile am Funktionsblock FB4 mit der Bezeichnung "y", "z" dargestellt.

[0046] Im folgenden soll das eben vorgestellte Funktionsblockdiagramm auf eine Kunststoffspritzgießmaschine angewendet werden. Die Positionsbestimmung P1 der Vortriebschnecke VS liefert das Eingangssignal "x" für den Funktionsblock FB1. Dieser gibt abhängig von der Vortriebschnecke VS einen Geschwindigkeitssollwert an den Funktionsblock FB6 weiter. Dieser setzt den Geschwindigkeitssollwert in eine Solldrehzahl " $n_{nom}$ " für den Antrieb A um.

[0047] Im Funktionsblock FB2 ist ein positionsabhängiges Drucksollwertprofil hinterlegt, das an die Additionsstelle AS weitergeleitet wird, solange eine bestimmte Position " $x_{max}$ " nicht überschritten ist. Der aktuelle Einspritzdruck im Schneckenraum SV wird durch den Druckaufnehmer D ermittelt und der Steuerung als " $p_{act}$ " zur Verfügung gestellt. An der Additionsstelle AS wird der aktuelle Druck von dem Drucksollwertprofil abgezogen und das Differenzsignal an den Funktionsblock FB5 weitergeleitet. Nur wenn das positionsabhängige Drucksollwertprofil aus dem Funktionsblock FB2 mit dem aktuellen Druckwert überschritten wird, greift die ablösende Steuerung korrigierend ein. In dem Funktionsblock FB6 wird ein Korrektursignal verarbeitet und ein neuer Sollwert bereitgestellt. Die Solldrehzahl des Antriebs A wird in diesem Fall zurückgenommen.

[0048] Ab einer bestimmten Wegmarke der Vortriebschnecke VS ist das Formwerkzeug FW mit plastifiziertem Material gefüllt und die Einspritzgeschwindigkeit ist zu-

rückzunehmen, um einen unzulässigen Druckanstieg im Schneckenorraum SV zu vermeiden. Ist die aktuelle Position der Vortriebsschnecke VS gleich der Position " $x_{\max}$ ", so schaltet der Funktionsblock FB4 auf einen Datenpfad "2" um. Zur Additionsstelle AS wird nun ein zeitabhängiges Drucksollwertprofil des Funktionsblocks FB3 übermittelt. Da das Formwerkzeug FW gefüllt ist, ändern sich auch die Streckenparameter für die Steuerung ST. Nun wird ebenso ein mit "2" bezeichneter Parametersatz, in Fig. 2 durch "Param.Set2" gekennzeichnet, an den Funktionsblock FB5 übermittelt. Hierdurch wird ein getrenntes Sollwertprofil für eine Einspritz- und eine Nachdruckphase bereitgestellt. Weitere Variablen oder Prozessparameter können zur Bestimmung eines Umschaltzeitpunktes einer Kunststoff-spritzgießmaschine mit einer bestimmten Wichtung oder Funktion hinzugezogen werden. Diese Variablen können beispielsweise eine Vortriebsschneckenposition, ein Einspritzdruck oder eine Produktionszykluszeit sein.

[0049] In der Darstellung gemäß Fig. 3 sind Ist- und Sollwertgraphen des eben genannten Zusammenhangs dargestellt. Dabei bezeichnen in einem  $p(x)$ -Diagramm eine horizontal gestrichelte Linie D1 eine Sollwertdruckkurve und eine durchgezogene Linie eine gemessene Druckkurve D2. Die vertikal gestrichelten Linien, die über weitere Diagramme verlaufen, grenzen einen  $x$ -Bereich zwischen  $x_1$  und  $x_2$  ein. In diesem Bereich verläuft die Druckkurve D2 über der Druckkurve D1. Die hierdurch aufgespannte Fläche in dem  $p(x)$ -Diagramm ist gestrichelt dargestellt.

[0050] Ein  $v_{\text{nom}}(x)$ -Diagramm zeigt eine Geschwindigkeitssollkurve G1, die gestrichelt dargestellt ist.

[0051] Ein  $v_{\text{act}}(x)$ -Diagramm stellt eine gemessene Geschwindigkeitskurve G2 dar. Diese spannt eine schraffierte Fläche mit einer gestrichelt dargestellten horizontalen Linie auf.

[0052] In dem durch die vertikalen gestrichelten Linien gekennzeichneten  $x$ -Bereich überschreitet der Einspritzdruck den vorgegebenen maximalen Druckverlauf D1. Das Geschwindigkeitssollwertprofil G1 ist in diesem Bereich konstant. Aufgrund der Überschreitung des Einspritzdrucks wird das Geschwindigkeitssollwertprofil G1 in dem gemäß Fig. 2 beschriebenen ablösenden Steuerungszeitpunkt, gebildet aus den Funktionsblöcken FB2, FB4, FB5 und der Additionsstelle AS korrigiert. Somit wirkt die Messgröße, die ein vorgegebenes Profil überschreitet direkt auf einen Sollwert korrigierend ein.

[0053] Im übrigen sei noch erwähnt, dass oben beschriebene Sollwertkorrektur auch bei einer Unterschreitung von Sollwerten erfolgen kann. Ebenso ist denkbar, dass Sollwertbänder vorgegeben werden, so dass bei einem Heraus-scheren von Messwerten aus diesem Band korrigierend eingewirkt wird.

[0054] Weiterhin sei erwähnt, dass die Anwendung der beschriebenen Verfahren sich insbesondere auch für Produktionsmaschinen eignen, die unter anderem Weg und Druck als Prozessparameter besitzen. Hier sei beispielhaft eine industrielle Presseneinrichtung genannt.

[0055] Eine Presseneinrichtung stellt technologisch nichts anderes dar, als den Ausspritzmechanismus einer Kunststoff-spritzgießmaschine, wobei selbstverständlich die Dimensionierungen bezüglich der zu steuernden oder zu regelnden Kräfte an den jeweiligen Anwendungsfall anzupassen sind.

#### Patentansprüche

1. Produktionsmaschine mit hydraulischem und/oder elektrischem Antrieb (A), sowie einer Messdatenerfassung für mindestens eine Positionsbestimmung (P1, P2) und mindestens zwei hiervon in der Produktionsmaschine abhängigen Messgrößen, dadurch gekennzeichnet, dass eine erste positionsabhängige Sollwertermittlung vorgesehen ist, die in mindestens einem parallelen Steuerungs- oder Regelungszeitpunkt gegenseitig beeinflussbar ist, wobei eine Sollwertkorrektur aufgrund einer Überschreitung eines weiteren positionsabhängigen Sollwertprofils mindestens einer weiteren positionsabhängigen Messgröße vorgesehen ist.

2. Produktionsmaschine nach Anspruch 1, wobei die Produktionsmaschine als Kunststoff-spritzgießmaschine ausgeführt ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Einspritzdruck und die Position einer den Spritzvorgang treibenden Vortriebsschnecke (VS) als Messgrößen erfassbar sind und wobei als positionsabhängiger Sollwert mindestens ein Geschwindigkeits-Weg-Profil der Vortriebsschnecke vorgebar ist, der bei Überschreitung eines Druck-Weg-Profiles des Einspritzdrucks gegenseitig beeinflussbar ist.

3. Produktionsmaschine nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei mindestens zwei positionsabhängige Messgrößen eines Formwerkzeugs (FW) einer Kunststoff-spritzgießform erfassbar sind, dadurch gekennzeichnet, dass als positionsabhängiger Sollwert mindestens ein Geschwindigkeits-Weg-Profil des Formwerkzeugs (FW) vorgebar ist, der bei Überschreitung eines Schließdruck-Weg-Profiles des Formwerkzeugs (FW) gegenseitig beeinflussbar ist.

4. Produktionsmaschine nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei positionsabhängige Messgrößen eines Auswurfmechanismus von einem Formwerkzeug (FW) einer Kunststoff-spritzgießform erfassbar sind und dass als positionsabhängiger Sollwert mindestens ein Geschwindigkeits-Weg-Profil des Auswurfmechanismus vorgebar ist, der bei Überschreitung eines Auswurfkraft-Weg-Profiles des Auswurfmechanismus gegenseitig beeinflussbar ist.

5. Produktionsmaschine nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass alternativ oder additiv zu einem Geschwindigkeits- oder Messgrößen-Weg-Profil ein Geschwindigkeits- oder Messgrößen-Zeit-Profil vorgebar ist.

6. Produktionsmaschine nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass alternativ oder additiv zu einem Geschwindigkeits- oder Messgrößen-Weg- oder Zeit-Profil ein physikalisches oder technologisch verknüpftes Weg- oder Zeit-Profil vorgebar ist.

7. Produktionsmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Merkmale nach einem der Ansprüche 2 bis 6 von einer Kunststoff-spritzgießmaschine auf eine industrielle Presseneinrichtung übertragen sind.

8. Verfahren zur Steuerung einer Produktionsmaschine mit hydraulischem oder elektrischem Antrieb (A), sowie mit jeweils einer Messdatenerfassung für mindestens eine Positionsbestimmung (P1, P2) und mindestens zwei hiervon in der Produktionsmaschine abhängigen Messgrößen, dadurch gekennzeichnet, dass

8.1 mindestens eine Istposition eines Bewegungssystems erfasst wird,

8.2 über mindestens ein Geschwindigkeits-Weg-Profil oder ein von der Geschwindigkeit abgeleitetes Weg-Profil eine Sollwertvorgabe erfolgt und

8.3 in einem weiteren Steuerungszeitpunkt mit mindestens einem weiteren positionsabhängigen

Messgrößen-Weg-Profil die Sollwertvorgabe bei Überschreiten dieses zweiten Profils gegenseitig beeinflusst wird.

9. Verfahren zur Steuerung einer Kunststoffspritzgießmaschine mit hydraulischem oder elektrischem Antrieb (A), sowie mit jeweils einer Messdatenerfassung für eine Positionsbestimmung (P1, P2) einer Vortriebs-  
schnecke (VS) und für eine Vortriebs-  
schnecken-  
geschwindigkeit oder für eine Einspritzgeschwindigkeit und für einen Einspritzdruck, dadurch gekennzeichnet, dass

9.1 mindestens eine Istposition eines Bewegungssystems erfasst wird,

9.2 über mindestens ein Geschwindigkeits-Weg-Profil oder ein von der Geschwindigkeit abgeleitetes Weg-Profil eine Sollwertvorgabe erfolgt und

9.3 in einem weiteren Steuerungszweig mit einem weiteren positionsabhängigen Messgrößen-Weg-Profil die Sollwertvorgabe bei Überschreiten dieses zweiten Profils gegenseitig beeinflusst wird.

10. Verfahren zur Steuerung eines Formwerkzeugs (FW) einer Kunststoffspritzgießmaschine mit hydraulischem oder elektrischem Antrieb (A), sowie mit jeweils einer Messdatenerfassung für eine Positionsbestimmung (P1, P2) des Formwerkzeugs (FW) und für eine Schließ- und/oder Öffnungsgeschwindigkeit und für einen Öffnungs- und/oder Schließdruck, dadurch gekennzeichnet, dass

10.1 mindestens eine Istposition eines Bewegungssystems erfasst wird,

10.2 über mindestens ein Geschwindigkeits-Weg-Profil oder ein von der Geschwindigkeit abgeleitetes Weg-Profil eine Sollwertvorgabe erfolgt und

10.3 in einem weiteren Regelungszweig mit mindestens einem weiteren positionsabhängigen Messgrößen-Weg-Profil die Sollwertvorgabe bei Überschreiten dieses zweiten Profils gegenseitig beeinflusst wird.

11. Verfahren zur Steuerung eines Auswurfmechanismus von einem Formwerkzeug einer Kunststoffspritzgießmaschine mit hydraulischem oder elektrischem Antrieb (A), sowie mit jeweils einer Messdatenerfassung für eine Positionsbestimmung (P1, P2) und für eine Geschwindigkeit und für eine Auswurfkraft des Auswurfmechanismus, dadurch gekennzeichnet, dass

11.1 mindestens eine Istposition eines Bewegungssystems erfasst wird,

11.2 über mindestens ein Geschwindigkeits-Weg-Profil oder ein von der Geschwindigkeit abgeleitetes Weg-Profil eine Sollwertvorgabe erfolgt und

11.3 in einem weiteren Steuerungszweig mit mindestens einem weiteren positionsabhängigen Messgrößen-Weg-Profil die Sollwertvorgabe bei Überschreiten dieses zweiten Profils gegenseitig beeinflusst wird.

12. Verfahren nach den Ansprüchen 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass alternativ oder additiv zu einem Geschwindigkeits- oder Messgrößen-Weg-Profil ein Geschwindigkeits- oder Messgrößen-Zeit-Profil verwendet wird.

13. Verfahren nach den Ansprüchen 7 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass alternativ oder additiv zu einem Geschwindigkeits- oder Messgrößen-Weg- oder Zeit-Profil ein physikalisch oder technologisch verknüpftes Weg- oder Zeit-Profil vorgegeben wird.

14. Verfahren zur Steuerung einer Produktionsmaschine nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Merkmale nach einem der Ansprüche 9 bis 13 nicht

in einer Kunststoffspritzgießmaschine, sondern in einer industriellen Presseneinrichtung angewendet werden.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

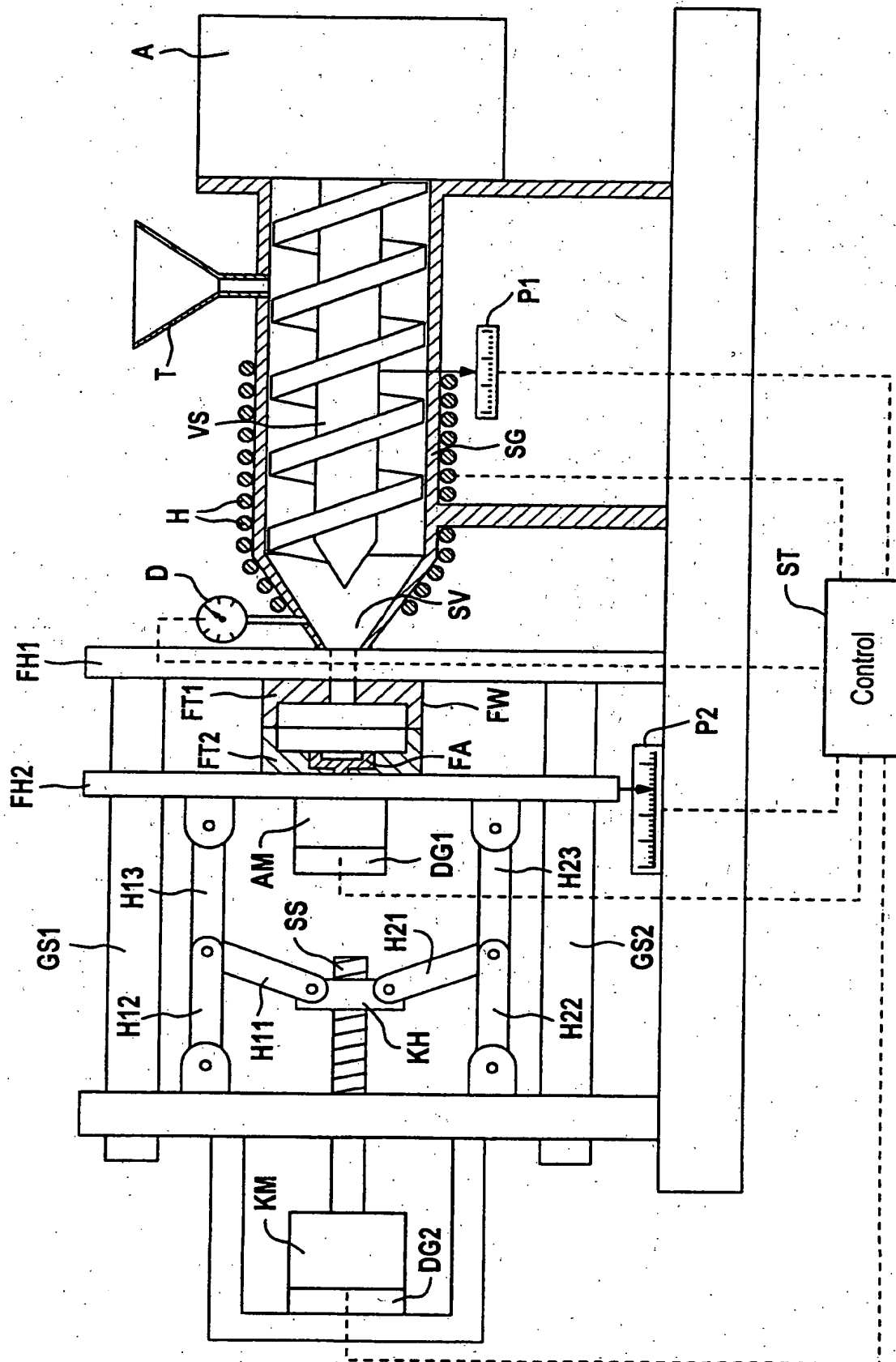
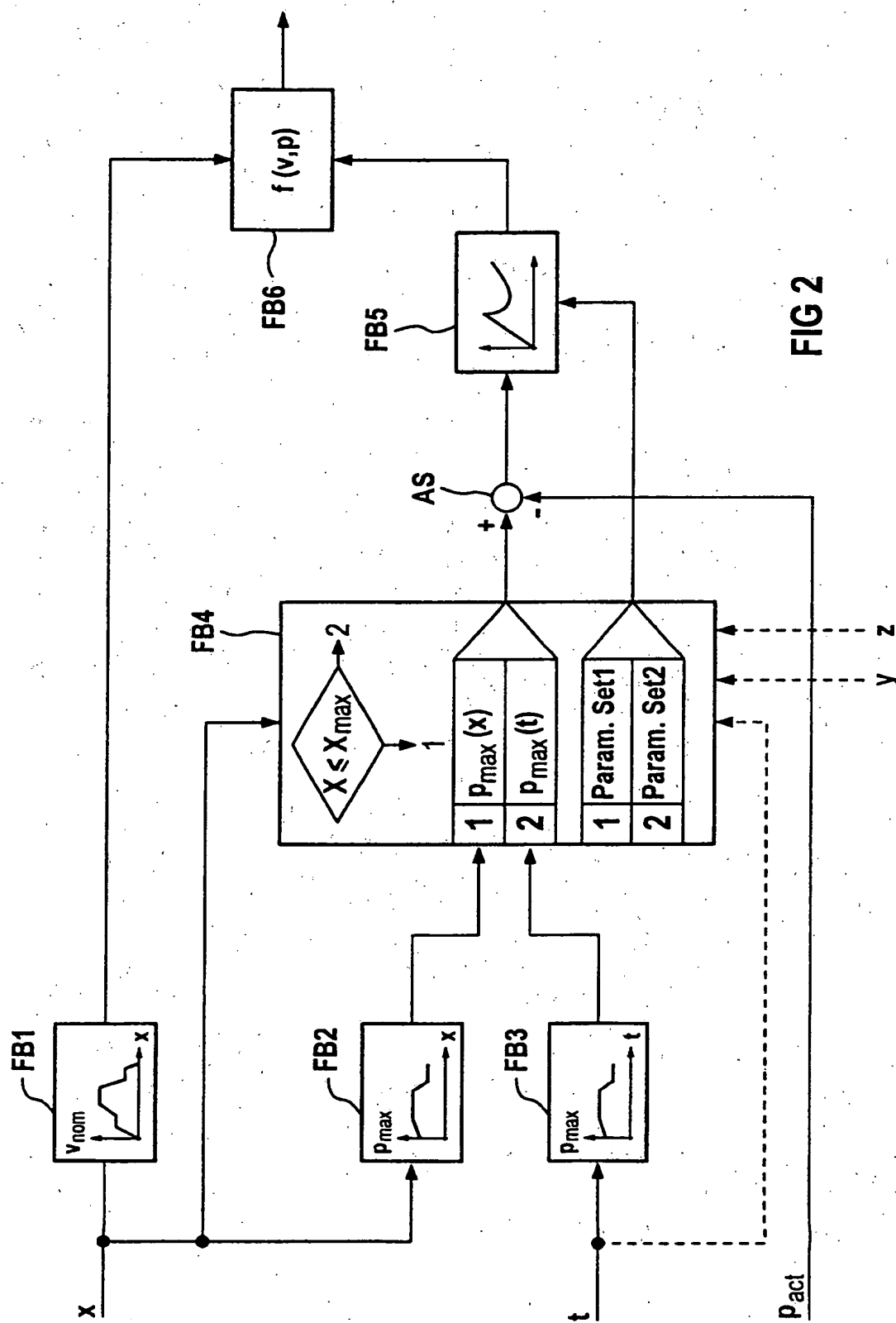


FIG 1





**FIG 2**

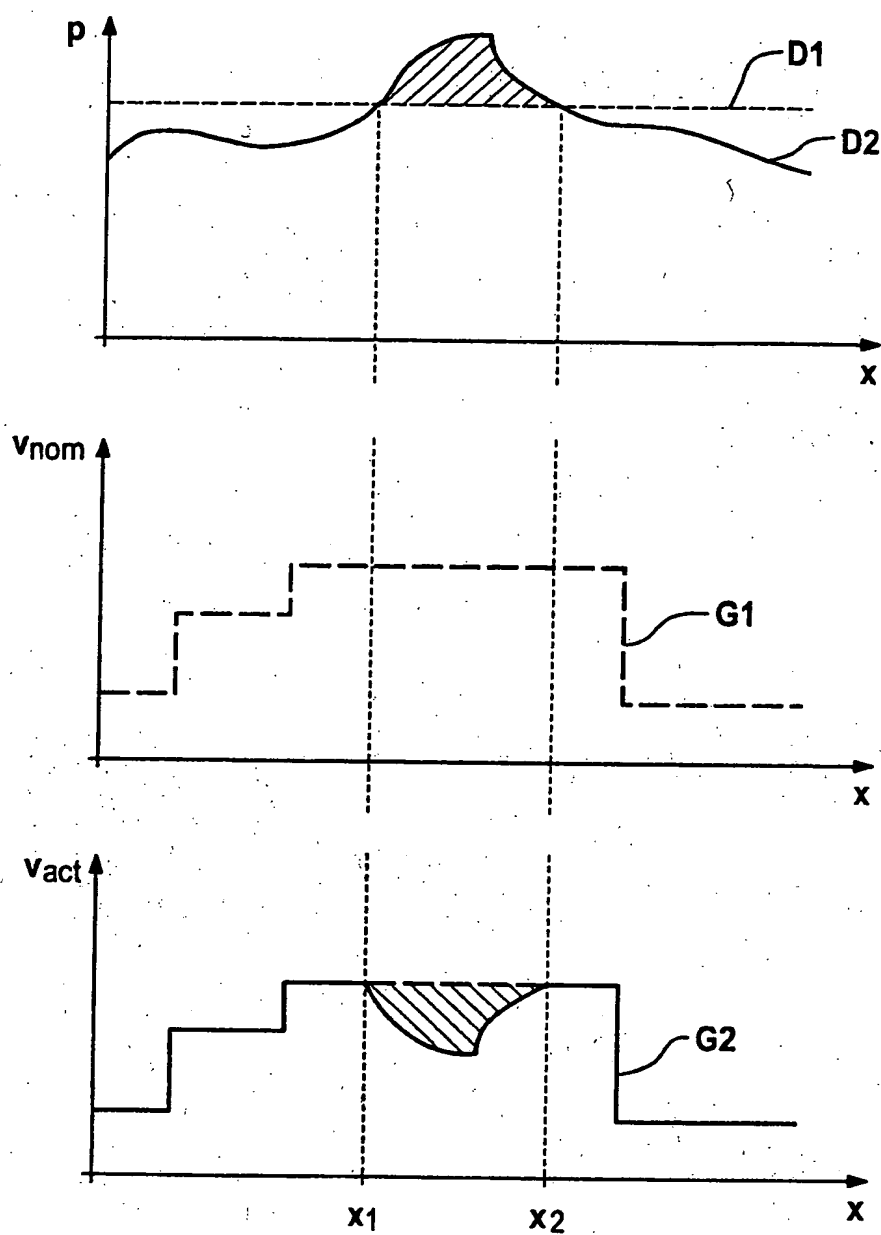


FIG 3



US007160490B2

(12) **United States Patent**  
**Hofmann**

(10) **Patent No.:** **US 7,160,490 B2**  
(45) **Date of Patent:** **Jan. 9, 2007**

(54) **PROCESS FOR CONTROL OF PRODUCTION MACHINE**

(75) **Inventor:** **Werner Hofmann, Schnaittach (DE)**

(73) **Assignee:** **Siemens Aktiengesellschaft, Munich (DE)**

(\*) **Notice:** Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 326 days.

(21) **Appl. No.:** **09/892,412**

(22) **Filed:** **Jun. 27, 2001**

(65) **Prior Publication Data**

US 2002/0140119 A1 Oct. 3, 2002

(30) **Foreign Application Priority Data**

Mar. 28, 2001 (DE) ..... 101 15 253

(51) **Int. Cl.**  
**B29C 45/76** (2006.01)  
**G05B 11/00** (2006.01)

(52) **U.S. Cl.** ..... 264/40.1; 264/328.1; 700/54; 700/70; 700/200

(58) **Field of Classification Search** ..... 264/40.1, 264/40.5, 40.7, 328.1; 425/145, 149; 700/53, 700/54, 67, 70, 200

See application file for complete search history.

(56) **References Cited**

**U.S. PATENT DOCUMENTS**

5,062,785 A \* 11/1991 Stroud et al. .... 425/145

5,371,450 A \* 12/1994 Hiraoka ..... 425/145  
5,425,906 A \* 6/1995 Hashimoto ..... 264/40.1  
5,585,053 A \* 12/1996 Arai ..... 264/40.1  
5,595,693 A 1/1997 Fujita et al.  
5,733,486 A 3/1998 Hayasi et al.  
5,916,501 A \* 6/1999 Hehl ..... 264/40.1  
6,325,954 B1 \* 12/2001 Sasaki et al. .... 264/40.1  
6,562,261 B1 \* 5/2003 Onishi ..... 264/40.1

#### FOREIGN PATENT DOCUMENTS

DE	4446857	12/1994
DE	19625880	6/1996
EP	0126174	5/1983
EP	0246326 B1	10/1986
EP	1022110	7/2000
JP	60107315	6/1985
JP	03010823	1/1991

\* cited by examiner

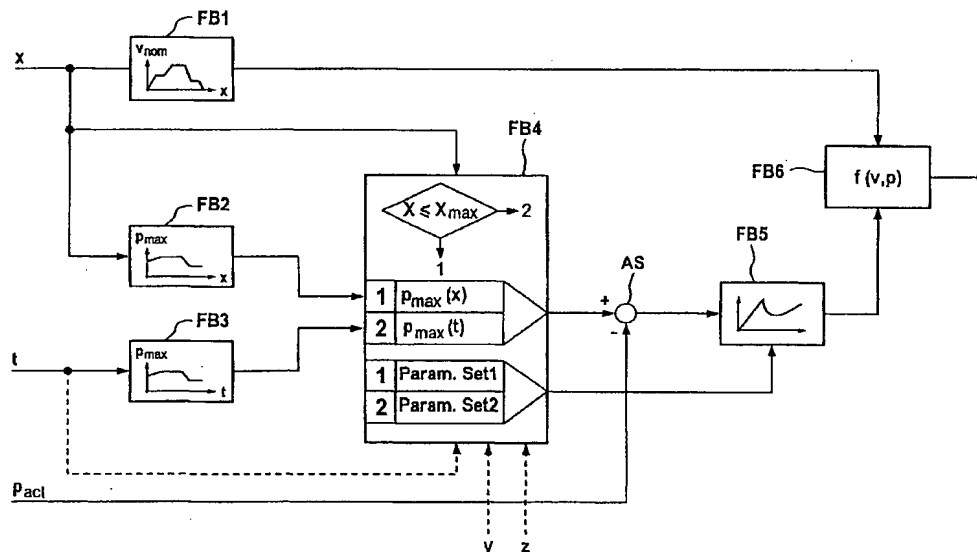
*Primary Examiner*—Jill L. Heitbrink

(74) *Attorney, Agent, or Firm*—Baker Botts L.L.P.

(57) **ABSTRACT**

The invention relates to a production machine with a hydraulic and/or electric drive and also measured data acquisition for at least one positional determination and at least two measured variables dependent on the latter in the production machine. If a further setpoint profile is exceeded, a setpoint input is corrected directly in the form of a substitutional open-loop or closed-loop control.

**2 Claims, 3 Drawing Sheets**



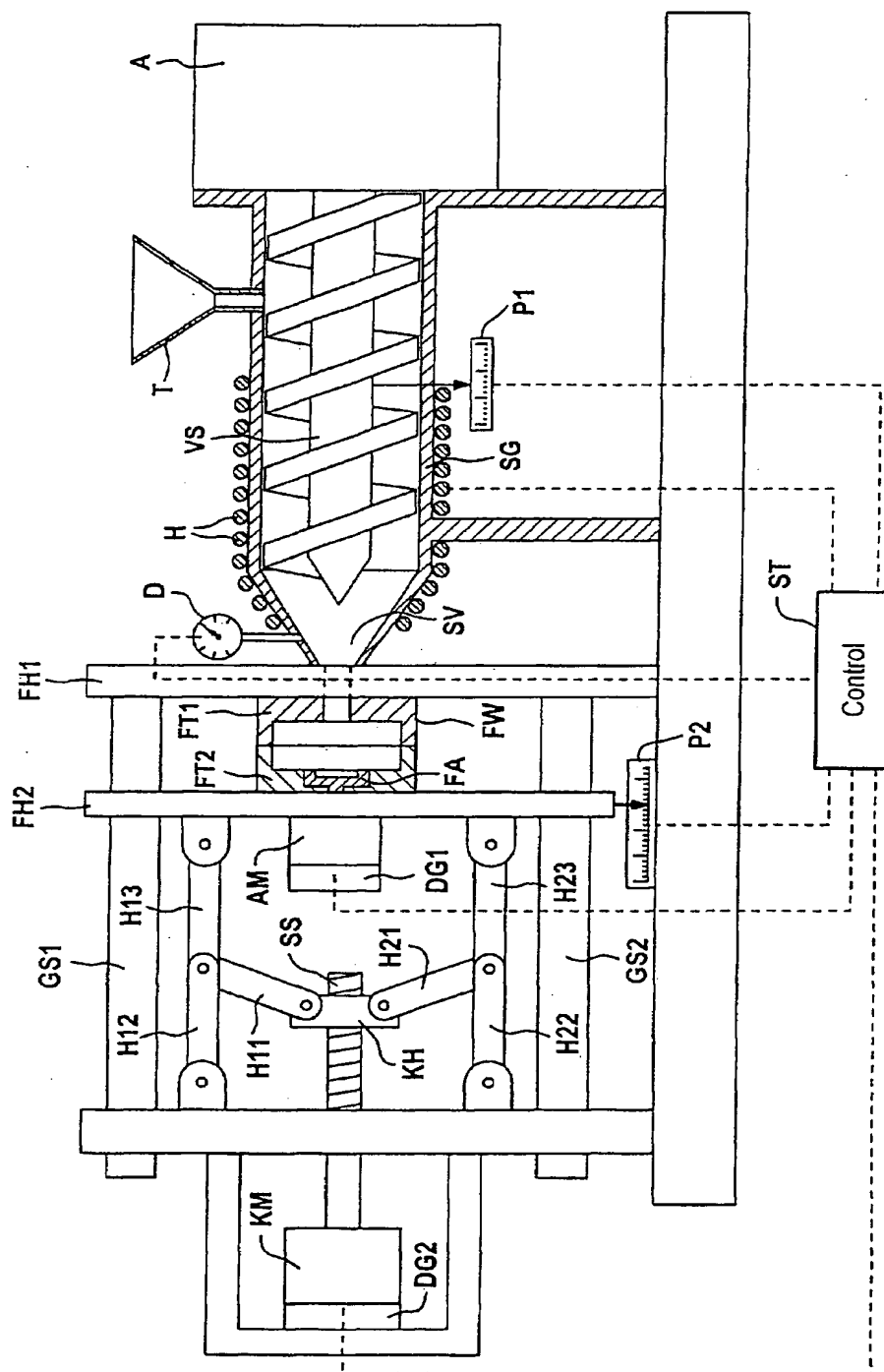


FIG 1

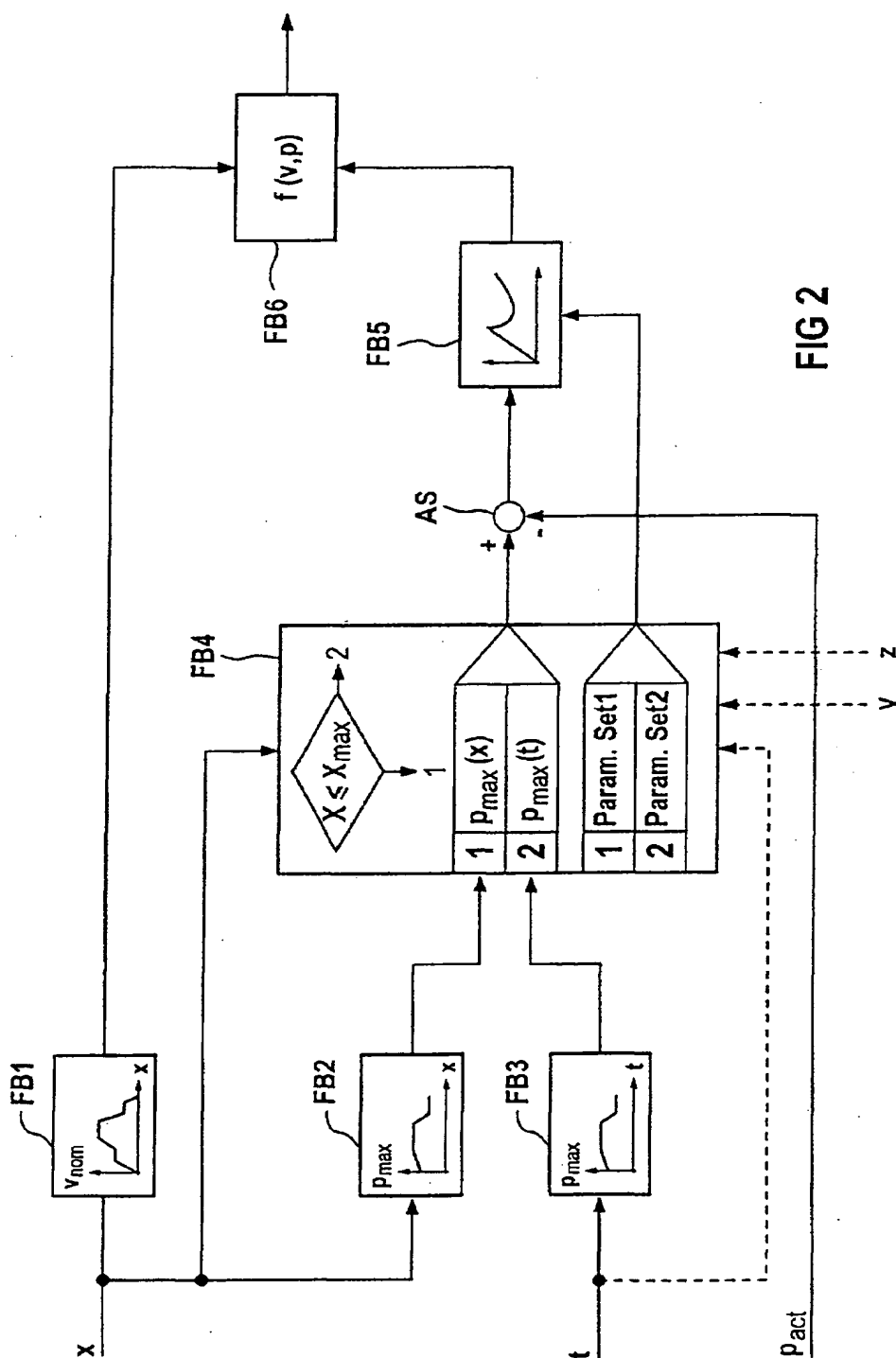


FIG 2

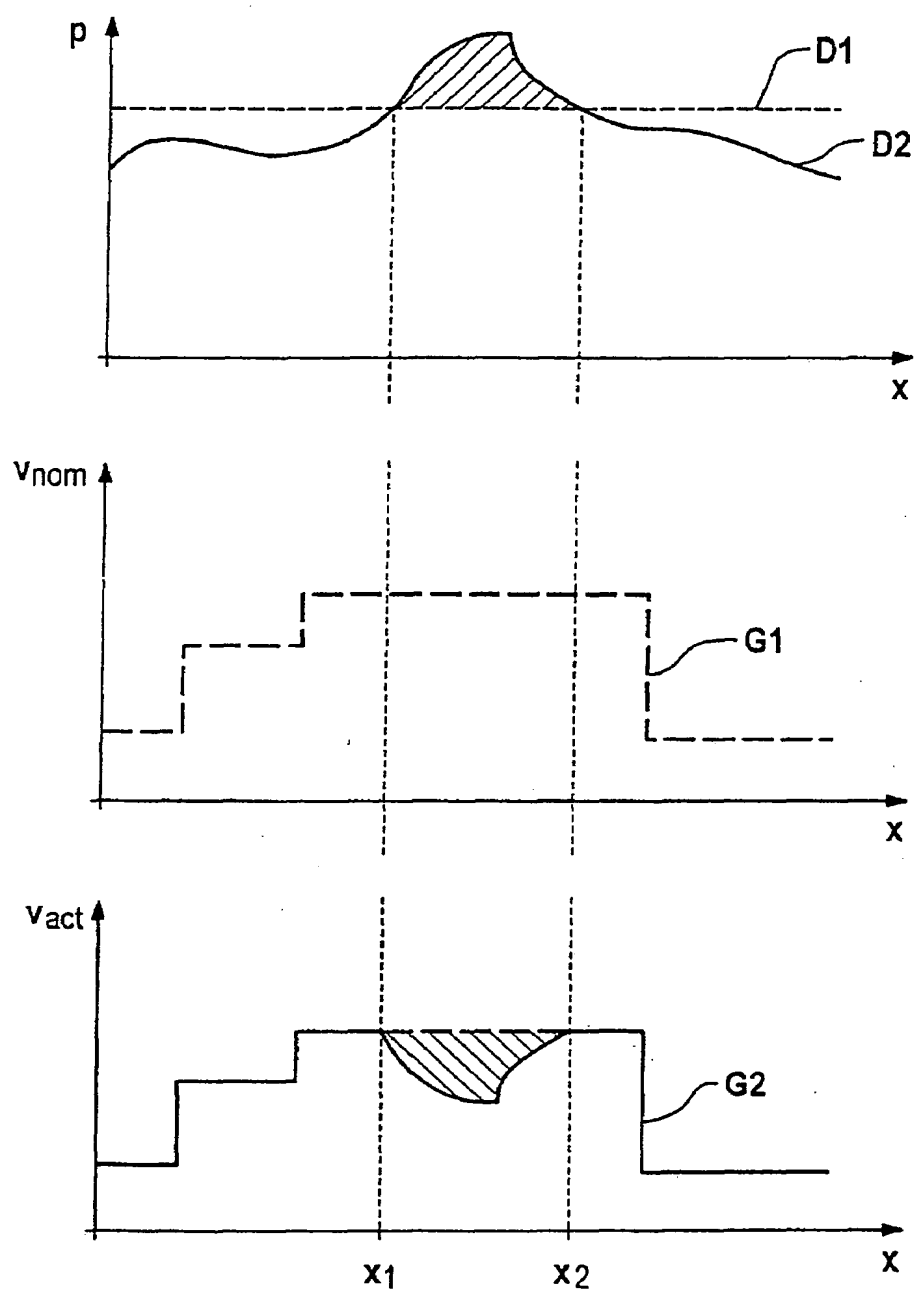


FIG 3

1

## PROCESS FOR CONTROL OF PRODUCTION MACHINE

### BACKGROUND OF THE INVENTION

The invention relates to a production machine with a hydraulic and/or electric drive, and also measured data acquisition for at least one positional determination and at least two measured variables dependent on the latter in the production machine.

The development of simple, effective and reliable production machines and methods for their open-loop and closed-loop control provides an impetus motivation to improve technical processes. The present invention is such an improved technical process.

EP 0 246 326 B1 discloses a method of controlling an injection mechanism of an injection-molding machine. Measuring force at the load or measuring the injection pressure is used purely and simply for current control of a drive source.

The object of the present invention is to design a production machine of the type referred to above in such a way that, if additional positionally dependent process variables are exceeded, a positionally dependent setpoint input can be influenced by an amount dependent on the degree to which they are exceeded in a counteracting way by simple and effective action.

### SUMMARY OF THE INVENTION

According to the present invention, this object is achieved by providing a first positionally dependent setpoint determination, which can be influenced in a counteracting way in at least one parallel open-loop or closed-loop control branch, with a setpoint correction being provided on the basis of a further positionally dependent setpoint profile of at least one further positionally dependent measured variable being exceeded. Consequently, a further open-loop or closed-loop control path in the form of a substitutional open-loop or closed-loop control is only utilized if the process profile monitored there is exceeded.

A preferred design of the invention, in which the production machine is a plastic injection-molding machine, is characterized in that the injection pressure and the position of an advancing screw driving the injection action can be registered as measured variables and at least one speed/displacement profile of the advancing screw can be predetermined as a positionally dependent setpoint value, which can be influenced in a counteracting way if a pressure/displacement profile of the injection pressure is exceeded. This advancement has the effect that essential process parameters of a plastic injection-molding machine can be registered in a simple and effective way and can be influenced for the purpose of optimum process control to achieve high-quality plastic injection-molded products.

A further preferred design of the present invention wherein at least two positionally dependent measured variables of a plastic injection mold can be registered, is characterized in that at least one speed/displacement profile of the mold can be predetermined as a positionally dependent setpoint value, which can be influenced in a counteracting way if a closing pressure/displacement profile of the mold is exceeded. Process control and monitoring of the mold in the injection molding cycle enable the early detection and avoidance of any fault damage or even destruction of the injection-molded part during operation.

2

Yet a further preferred design of the present invention is characterized in that at least two positionally dependent measured variables of an ejection mechanism of a plastic injection mold can be registered and in that at least one speed/displacement profile of the ejection mechanism can be predetermined as a positionally dependent setpoint value, which can be influenced in a counteracting way if an ejecting force/displacement profile of the ejection mechanism is exceeded. Process control and monitoring of the ejection mechanism has the effect that damage to or even destruction of the ejection mechanism or the plastic injection-molded part is detected at an early time and avoided.

Still another preferred design of the present invention is characterized in that, as an alternative or in addition to a speed/ or measured-variable/displacement profile, a speed/ or measured-variable/time profile can be predetermined. Depending on suitability, consequently a displacement or time profile can be used for optimum process monitoring or control.

Another preferred design of the present invention is characterized in that, as an alternative or in addition to a speed/ or measured-variable/displacement or time profile, a physically or technologically linked displacement or time profile can be predetermined. Consequently, depending on suitability, physically or technologically linked process variables can be used for programming or visual representation.

It is further contemplated that the present invention is utilized in an industrial press. In the case of an industrial press, there are process parameters that are technologically similar to those present in a plastic injection-molding machine. These process parameters can be advantageously monitored and controlled in accordance with the present invention.

A preferred method for the open-loop control of a production machine having a hydraulic or electric drive, measured data acquisition for at least one positional determination, and at least two measured variables dependent on the latter, is characterized by the following:

- at least one actual position of a movement system is registered;
- a setpoint input takes place by means of at least one speed/displacement profile or a displacement profile derived from the speed; and
- in a further control branch with at least one further positionally dependent measured-variable/displacement profile, the setpoint input is influenced in a counteracting way if this second profile is exceeded.

Based on this method, measured variables and setpoint inputs of a production machine are monitored with a simple and effective action.

A further preferred method for the open-loop control of a plastic injection-molding machine having a hydraulic or electric drive, measured data acquisition for (i) a positional determination of an advancing screw, (ii) an advancing screw speed (or rate of injection) and (iii) an injection pressure, is characterized by the following:

- at least one actual position of a movement system is registered;
- a setpoint input takes place by means of at least one speed/displacement profile or a displacement profile derived from the speed; and
- in a further control branch with a further positionally dependent measured-variable/displacement profile, the setpoint input is influenced in a counteracting way if this second profile is exceeded.

3

Based on this method, a wide variety of parameters and setpoint inputs of a plastic injection-molding machine can be monitored and predetermined in a simple and effective way.

Yet another preferred method for the open-loop control of a mold of a plastic injection-molding machine having a hydraulic or electric drive, case measured data acquisition for (i) a positional determination of the mold, (ii) a closing and/or opening speed and (iii) an opening and/or closing pressure, is characterized by the following:

at least one actual position of a movement system is registered;

a setpoint input takes place by means of at least one speed/displacement profile or a displacement profile derived from the speed; and

in a further control branch with at least one further positionally dependent measured-variable/displacement profile, the setpoint input is influenced in a counteracting way if this second profile is exceeded. Based on this method, the optimum functional capability of a mold of a plastic injection-molding machine can be controlled and monitored.

Another preferred method for the open-loop control of an ejection mechanism of a mold of a plastic injection-molding machine having a hydraulic or electric drive, measured data acquisition for (i) a positional determination (ii) a speed and (iii) an ejecting force of the ejection mechanism, is characterized by the following:

at least one actual position of a movement system is registered;

a setpoint input takes place by means of at least one speed/displacement profile or a displacement profile derived from the speed; and

in a further control branch with at least one further positionally dependent measured-variable/displacement profile, the setpoint input is influenced in a counteracting way if this second profile is exceeded.

Based on this method, an ejection mechanism can be controlled and monitored in a particular way with respect to its optimum operation and a plastic injection-molded part can be controlled and monitored to enable the mold part to be ejected from the mold without being damaged.

Yet another preferred method is characterized in that, as an alternative to or in addition to a speed/ or measured-variable/displacement profile, a speed/ or measured-variable/time profile is used. Consequently, a favorable profile for simple and clear programming or visual representation can be selected.

A further preferred method of the present invention is characterized in that, as an alternative to or in addition to a speed/ or measured-variable/displacement or time profile, a physically or technologically linked displacement or time profile is predetermined. Consequently, optimally physically or technologically descriptive process variables can be used for the setpoint input, monitoring or else visual representation of measured variables.

The aforesaid method, for the open-loop control of a production machine are equally suited to an industrial press. Accordingly, disclosed in the context of a plastic injection-molding machine due to technological relationships, the method used in the case of a plastic injection-molding machine can also be advantageously transferred to an industrial press.

4

## DRAWINGS

An exemplary embodiment of the present invention is explained in more detail below and represented in the following drawings, in which:

FIG. 1 shows a symbolic side view of a plastic injection-molding machine, in which the screw housing and also the mold are shown in a sectional form;

FIG. 2 shows a basic functional block diagram of the production machine control with at least two mutually dependent measured variables; and

FIG. 3 shows by way of example actual and setpoint-value graphs of a plastic injection-molding machine.

## DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

FIG. 1, shows a side view of a plastic injection-molding machine. Polymer granules, not shown for the sake of overall clarity, pass via hopper T into a screw housing SG and are transported into the mold FW by an advancing screw VS, which is moved by a drive A. Along the screw housing SG there are heating coils H, which heat up the polymer granules allowing their path and make them take the form of a flowable (plastic) polymer material in the space SV in front of the screw.

To achieve a high rate of production of plastic injection-molded parts, it must be endeavored to use a high rate of injection into the mold FW. With the aid of a pressure sensor D, the injection pressure exerted on the plastic material in the space SV in front of the screw is monitored by an open-loop control system ST or, alternatively a closed-loop control system. The pressure monitoring with a pressure sensor D may take place at other suitable positions of the machine, such as for example in the journal bearing of the machine.

If a specific pressure value is exceeded, there is an irreversible and undesired change in the material properties of the plastic material. The injection pressure built up in the space SV in front of the screw is decisively determined by the forward movement of the advancing screw VS induced by the drive A. The drive A may comprise a plurality of motors, which separately induce a rotational and/or forward movement of the advancing screw VS with the aid of a transmission mechanism.

A positional determination P1 transmits information on the actual position of the advancing screw VS to an open loop control system ST, denoted in FIG. 1 by the term "control". All measured variables registered by the control system ST are indicated by broken connecting lines. The positional determination P1 may be realized for example by a rotary transducer or else by a linear displacement sensor.

In a plastic injection-molding machine, monitoring and control of the heating temperature is also of interest, since an overheating of the plastic material also leads to undesired changes in material properties. Monitoring of the heating temperature may also be part of a monitoring process according to the present invention. For example, a temperature/time profile dependent on the production cycle is fed in as the setpoint input of the heating. Therefore, a broken connecting line is shown in FIG. 1 between the heating coils H and the control system ST.

During the injection operation, the plastic material is usually injected into the mold SW at a specific rate. A sustained rate of injection leads to a very steep increase in pressure in the space SV in front of the screw. The invention allows a rapid response to this increase in pressure, in that



5

action is taken to influence the manipulated variable directly in the form of a substitutional closed-loop or open-loop control.

Once the mold FW is filled with plastic material, the solidifying operation begins. Any accompanying shrinkage process can be compensated by forcing further plastic material into the mold.

Once the injecting and solidifying operation has been completed, the mold FW comprising the mold parts FT1 and FT2 is moved apart. The mold part FT1 is fastened to the mold holder FH1 and is not moved. The mold part FT2 is fastened to the mold holder FH2 and can be moved horizontally away from the mold part FT1. With the aid of a toggle lever mechanism, the mold holder FH2 slides on the sliding rails GS1 and GS2 horizontally away from the mold part FT1. In FIG. 1, the toggle lever mechanism comprises a toggle lever nut KH and three lever pieces (H11 to H13, and also H21 to H23), arranged symmetrically in relation to said nut. In further embodiments, the toggle lever mechanism may comprise a multiplicity of lever pieces, and alternatively be hydraulically and/or hydromechanically driven.

A toggle lever motor KM is used to drive a spindle screw SS, which moves the toggle lever nut KH horizontally and thereby takes the lever pieces H11 to H23 along with it in such a way that the mold holder FH2 is moved horizontally.

A positional determination P2, which may for example take the form of a linear displacement sensor, transmits the actual position of the mold holder FH2 to the control system ST.

To determine the position of the toggle lever nut KH, a toggle lever motor KM is fastened to a rotary transducer DG2, which passes on its information to the control system ST.

To be able to remove the plastic injection-molded parts from the mold FW after solidifying, there is a molding ejector FA in the mold part FT2. This is driven by an ejection mechanism motor AM and presses the plastic product to be ejected out of the mold part FT2. Similarly fastened to the ejection mechanism motor AM is a rotary transducer DG1, which determines the position of the molding ejector FA. A further ejection mechanism may be located on the mold part FT1.

A combination of a motor (KM, AM, A) with a rotary transducer (DG1, DG2) or with a positional determination (P1, P2) allows various measured variables to be registered. It is possible to register the position, the distance covered during a time, and also the torque of the respective motor KM, AM, A. It is consequently possible, for example, to determine the position of the molding ejector FA, and also the force exerted on the plastic product, obtained by a conversion of the measured torque.

FIG. 2 shows a functional block diagram of the open-loop production-machine control. A machine coordinate, denoted in FIG. 2 by "x", is fed to a function block FB1, which determines a positionally dependent setpoint value. This setpoint value is converted in a function block FB6 into a machine control parameter ("n<sub>nom</sub>").

In a further function block FB2, a likewise positionally dependent setpoint-value profile is output. This setpoint-value profile is passed through a function block FB4 if, in the case of a displacement-dependent profile, a specific displacement mark "x<sub>max</sub>" has not been exceeded. In the function block FB4, to which the machine coordinates "x" are also fed, this is identified by a rhombic decision block. If a defined machine position "x<sub>max</sub>" is exceeded, the variables or parameters denoted by "2" are passed on to the

6

addition point AS. At this point, a measured parameter is subtracted from a function value of the function block FB4. The subtraction at the addition point AS is identified by a minus sign "-".

The process path associated with the function block FB3 is associated with a plastic injection-molding machine and does not have to apply in this form to other production machines. A time-dependent setpoint-value profile is stored in it.

At the addition point AS, differential signals, which are formed by a setpoint-value profile and current measured values "p<sub>act</sub>", are passed on to the function block FB5. This uses its programmed properties to model the closed-loop or open-loop control system. It receives its closed-loop or open-loop control parameters for the system as a set of parameters from the function block FB4. The function block FB5 outputs a setpoint correction signal to the function block FB6.

All the data connections in the representation according to FIG. 2 take the form of arrow connections and symbolize a directed data flow. A time unit signal "t" is available in the function block diagram shown and is passed to the function block FB3. A broken-line connection between the time unit signal "t" and the function block FB4 is intended to indicate that the machine-position-dependent decision in the function block FB4 may also be substituted by a time-dependent decision. This means that, once a specific time "t" has elapsed, the data denoted by "2" are processed instead of the data denoted by "1". Similarly, further variables or process parameters may lead to a single-stage or multi-stage changeover of input and/or output data. With a specific weighting or function, these can bring about the changeover point. This is shown in FIG. 2 by arrows represented by dashed lines at the function block FB4 with the designation "y", "z".

The function block diagram just presented is to be applied below to a plastic injection-molding machine. The positional determination P1 of the advancing screw VS supplies the input signal "x" for the function block FB1. Dependent on the advancing screw VS, this block passes on a speed setpoint value to the function block FB6. This block converts the speed setpoint value into a nominal speed "n<sub>nom</sub>" for the drive A.

In the function block FB2, a positionally dependent pressure setpoint profile is stored and is passed on to the addition point AS as long as a specific position "x<sub>max</sub>" is not exceeded. The current injection pressure in the space SV in front of the screw is determined by the pressure sensor D and made available to the control system as "p<sub>act</sub>". At the addition point AS, the current pressure is subtracted from the pressure setpoint profile and the differential signal is passed on to the function block FB5. Only if the positionally dependent pressure setpoint profile from the function block FB2 is exceeded by the current pressure value does the substitutional open-loop control intervene in a correcting manner. In the function block FB6, a correction signal is processed and a new setpoint value is provided. The nominal speed of the drive A is in this case reduced.

From a specific displacement mark of the advancing screw VS, the mold FW is filled with plastic material and the rate of injection has to be reduced to avoid an inadmissible increase in pressure in the space SV in front of the screw. If the current position of the advancing screw VS is the same as the position "x<sub>max</sub>", the function block FB4 changes over to a data path "2". A time-dependent pressure setpoint profile of the function block FB3 is then transmitted to the addition point AS. Since the mold FW is filled, the system parameters

7

for the open-loop control ST also change. Now, a set of parameters denoted by "2", which is identified in FIG. 2 by "Param.Set2", is similarly transmitted to the function block FB5. As a result, a separate setpoint profile is provided for an injection phase and a holding-pressure phase. Further variables or process parameters may be used for determining a changeover point of a plastic injection-molding machine with a specific weighting or function. These variables may be, for example, an actual position of the advancing screw, an injection pressure or a production cycle time.

In to FIG. 3, actual- and setpoint-value graphs of the aforementioned situation are shown. In this Figure, a horizontal broken line D1 denotes a setpoint pressure curve and a solid line denotes a measured pressure curve D2 in a  $p(x)$  diagram. The vertical broken lines, which run over further diagrams, confine an  $x$  range between  $x_1$  and  $x_2$ . In this range, the pressure curve D2 runs above the pressure curve D1. The area defined by this is shown by broken lines in the  $p(x)$  diagram.

A  $v_{nom}(x)$  diagram shows a speed setpoint curve G1, 20 which is shown by a broken line.

A  $v_{act}(x)$  diagram shows a measured speed curve G2. This defines a hatched area with a horizontal line shown as a broken line.

In the  $x$  range identified by the vertical broken lines, the injection pressure exceeds the predetermined maximum pressure curve D1. The speed setpoint profile G1 is constant in this range. On account of the injection pressure being exceeded, the speed setpoint profile G1 is corrected in the substitutional control branch described with reference to FIG. 2 and formed by the function blocks FB2, FB4, FB5 and the addition point AS. Consequently, the measured variable which exceeds a predetermined profile acts directly on a setpoint value.

Moreover, it should also be mentioned that the setpoint correction described above may also take place when set-

8

point values are not reached. Similarly, it is conceivable for bands of setpoint values to be predetermined, so that corrective action is taken if measured values leave this band.

Furthermore, it should be mentioned that the methods described can also be suitably used in particular for production machines which have displacement and pressure among their process parameters. An industrial press may be mentioned here by way of example. A press is technologically no different than the injection mechanism of a plastic injection-molding machine, although of course the dimensioning with respect to the forces to be controlled has to be adapted to the respective application.

The invention claimed is:

1. A method for the open-loop control of a production machine comprising the steps of:
  - determining a first setpoint from at least a first variable by a speed/displacement profile;
  - determining a first intermediate setpoint from said first variable by a pressure/displacement profile,
  - determining a second intermediate setpoint from a second variable by a pressure/time profile;
  - selecting either said first intermediate setpoint or said second intermediate setpoint as a third intermediate setpoint depending on said first variable;
  - correcting said third intermediate setpoint with a third variable to generate a second setpoint; and
  - generating a machine control parameter from said first setpoint and said second setpoint.
2. A method according to claim 1, wherein the step of generating said second setpoint comprising the step of selecting a first set of parameters or a second set of parameters depending on said first variable and modeling said corrected third intermediate setpoint.

\* \* \* \* \*